

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 607 249**

(21) N° d'enregistrement national :

**86 16607**

(51) Int Cl<sup>4</sup> : G 01 F 1/68.

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 26 novembre 1986.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : *COMPAGNIE DES SERVICES DOWELL SCHLUMBERGER. — FR.*

(72) Inventeur(s) : B. Montaron ; J.Y. Mioque ; D. Dodazzi.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 21 du 27 mai 1988.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

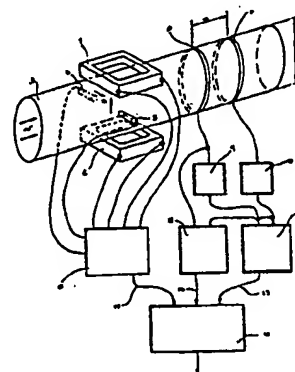
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : M. Richebourg, Etudes et Fabrication Dowell Schlumberger.

(54) Débitmètre électromagnétique pour fluides conducteurs ou diélectriques et application notamment aux fluides du secteur pétrolier.

(57) Système permettant la mesure non intrusive du débit d'un fluide conducteur ou isolant, s'écoulant dans un conduit, résultant de la combinaison d'un débitmètre électromagnétique fonctionnant pour les fluides conducteurs et d'un débitmètre à intercorrélation sur bruit triboélectrique fonctionnant pour les fluides isolants. Le système comporte un dispositif de mesure non intrusive de la conductivité du fluide. Cette conductivité est utilisée par le dispositif électronique réalisant le traitement des signaux pour décider lequel des deux capteurs fournit un signal effectivement représentatif du débit du fluide.

Le débitmètre électromagnétique peut être du type à électrodes de faible section en contact avec le fluide, ou plus avantageusement du type capacitif, à électrodes de section importante, isolées du fluide.



FR 2 607 249 - A1

D

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

**DEBITMETRE ELECTROMAGNETIQUE POUR  
FLUIDES CONDUCTEURS OU DIELECTRIQUES  
ET APPLICATIONS NOTAMMENT AUX FLUIDES DU SECTEUR PETROLIER**

La présente invention se rapporte à un système électromagnétique de mesure de débit, non intrusif, fonctionnant avec des fluides conducteurs ou diélectriques.

Les capteurs capables de mesurer avec précision le débit d'un fluide quelconque éventuellement soumis à une très forte pression (100 MPa) et de manière non intrusive sont rares, voire inexistants. Le secteur des services pétroliers est confronté à ce type de problème, souvent aggravé par le fait que le fluide peut être extrêmement corrosif ou érosif. Un exemple particulièrement frappant concerne les opérations dites de fracturation acide d'une formation rocheuse pétrolifère où de l'acide chlorydrique est pompé sous une pression parfois supérieure à 100 MPa dans des tuyaux en acier spécial de 5 à 10 centimètres de diamètre, à des débits tels que la vitesse d'écoulement linéaire couvre une gamme de 0 à 25 m/s.

Pour d'autres opérations de fracturation les fluides pompés peuvent aussi être des gels à base de diesel, relativement visqueux, transportant du sable en forte proportion.

Dans ces conditions il est indispensable que le capteur n'offre aucun obstacle au passage du fluide. Parmi les systèmes de l'art antérieur, pratiquement seuls les débitmètres électromagnétiques peuvent prétendre

répondre à une part importante du problème posé par la mesure de débit dans les conditions suscitées. Malheureusement ces débitmètres ne fonctionnent que pour les fluides conducteurs, alors que près de la moitié des applications concerne des fluides diélectriques.

Le système objet de la présente invention combine les avantages des débitmètres électromagnétiques avec ceux d'un dispositif dit à intercorrélation sur bruit triboélectrique. L'invention réside dans le mode de combinaison des deux systèmes selon une configuration permettant leur emploi sur le terrain, en conditions difficiles.

Lorsqu'un fluide diélectrique est pompé au travers d'un débitmètre électromagnétique à électrodes en contact avec le fluide, un signal est généralement capté car les électrodes constituent alors des antennes sensibles aux bruits électromagnétiques qui ne sont plus arrêtés par la conductivité du fluide. Dans ce cas, les deux capteurs présents dans le système objet de la présente invention, fournissent chacun un signal. De façon à sélectionner le bon signal - dans ce cas celui délivré par le dispositif à intercorrélation - le système objet de la présente invention comporte également un dispositif électronique de mesure de la conductivité du fluide. Cette sélection du signal est également l'un des aspects essentiels de l'invention.

La figure 1 est un schéma d'ensemble du système, montrant la disposition des capteurs et un schéma bloc du dispositif électronique.

La figure 2 détaille le contenu du dispositif électronique de mesure de la conductance du fluide.

La figure 3 est une vue en coupe du conduit dans un exemple de réalisation de l'invention.

La figure 4 est une vue en coupe du conduit dans un autre exemple de réalisation de l'invention.

Les mêmes références numériques désignent les mêmes organes sur les différentes figures.

Dans la figure 1, le débitmètre électromagnétique est figuré par ses deux bobines (1)(2) de génération d'un champ magnétique B perpendiculaire à la direction de la vitesse moyenne d'écoulement du fluide dans le conduit (3), et par ses électrodes (4)(5) transversant le conduit de façon à être en contact avec le fluide. Ce dispositif correspond au débitmètre électromagnétique à électrodes de faible section (dites aussi électrodes "ponctuelles"), en contact avec le fluide. Nous aurions pu également représenter ici un débitmètre électromagnétique à électrodes de sections importantes (dites "capacitives"), dont le principe général est connu et ne sera pas rappelé ici.

Le débitmètre représenté sur la figure comporte un dispositif électronique (6) assurant le contrôle en fonction du temps du courant dans les bobines (1)(2), et la mesure de la tension entre les électrodes (4) et (5).

5 Dans cette même figure, le dispositif à intercorrélation sur bruit triboélectrique est constitué par deux antennes (7)(8) de détection du signal, distantes d'une distance (a) dans le sens d'écoulement du fluide, chacune étant connectée à un dispositif électronique amplificateur de charge (9)(10).

10 Ces dispositifs assurent une "garde active" des antennes de détection de façon à annuler les pertes de signal entre les antennes et leur entourage et assurent également une amplification d'un gain environ égal à 1. Un tel dispositif à intercorrélation est décrit dans la demande de brevet fran-  
15 çais No 86 16529 déposée le 25 Novembre 1986 déposée par la demanderesse, et dont on incorpore ici le contenu par référence. Les sorties des deux dispositifs (9)(10) sont connectées à un dispositif électronique (11) calculant à partir des deux signaux le temps mis par le fluide pour

20 parcourir la distance séparant les deux antennes. Un dispositif électronique (12) permet de mesurer une grandeur directement liée à la conductivité du fluide, et pour cela est connecté à une antenne (8) et à la sortie de l'amplificateur (10) de l'autre antenne.

25 Enfin un dispositif électronique (13) reçoit les informations provenant des deux capteurs: le signal (15) fourni par le débitmètre électromagnétique, le

1 signal (17) fourni par le débitmètre à intercorrélation  
2 sur bruit triboélectrique et la conductance entre les  
3 deux antennes (16). Le dispositif (13) effectue un test  
4 sur la valeur de la conductance et, en fonction de ce  
5 test, sélectionne la bonne valeur du débit (15) ou (17).  
6 Les électrodes du débitmètre électromagnétique ainsi que  
7 les antennes du dispositif à intercorrélation seront de  
8 préférence réalisées par une technique bien connue de  
9 circuit imprimé souple multicouches, notamment par  
10 photoérosions.

11 La figure 2 donne le détail du principe de  
12 fonctionnement du dispositif (12) de mesure de la  
13 conductance entre les antennes (7) et (8).

14 Ce dispositif comporte d'une part un oscillateur  
15 sinusoïdal générant un courant de fréquence  $F$  bien  
16 connue, injecté sur l'antenne (8) au travers d'une  
17 résistance  $R$  de très forte valeur.

18 D'autre part, un dispositif de mesure de l'amplitude du  
19 signal à la même fréquence  $F$ , mesuré à la sortie de  
20 l'amplificateur (10) connecté à la deuxième antenne (7).

21 [Le choix de la valeur de  $F$  est fait de telle façon que  
22 la mesure de la conductance puisse se faire  
23 simultanément au calcul de la fonction  
24 d'intercorrélation dans le dispositif (11) sans que le  
25 résultat de ce calcul soit notablement perturbé. En  
pratique,  $F$  est comprise entre 5 et 20 KHz, la valeur  
maximum étant une limite pratique pour la détection de  
la composante à fréquence  $F$  sur la sortie de  
l'amplificateur (10).

La figure 3 est une vue en coupe du conduit (3) dans lequel s'écoule le fluide dans le cas où le système résulte de la combinaison d'un débitmètre électromagnétique à électrodes (4)(5) de faible section en contact avec le fluide et d'un  
5 dispositif à intercorrélation sur bruit triboélectrique dont les antennes (7)(8) sont plaquées à l'intérieur du conduit (3).

L'intérieur du conduit (3) est recouvert d'une couche (18) d'épaisseur uniforme d'un matériau diélectrique, comme le  
10 polyuréthane, isolant les antennes (7) (8) du fluide s'écoulant dans le conduit, tout en laissant affleurer les électrodes (4) et (5). Cette réalisation est utilisée notamment lorsque la pression du fluide peut atteindre des valeurs très élevées. Dans ce cas il est commode d'employer  
15 un métal pour réaliser le conduit (3). Celui-ci doit être amagnétique, pour que le champ magnétique B puisse agir sur le fluide. Ce métal peut être l'aluminium ou ses alliages, ou un acier inoxydable ou encore, du titane, en particulier si la pression du fluide peut être supérieure à 100 MPa. Dans  
20 le cas de fortes pressions du fluide, la traversée des électrodes et des connexions des antennes utilise des dispositifs spéciaux capables de supporter la pression, qui ne sont pas décrits sur cette figure mais sont décrits dans la demande de brevet français No 86 16529 déposée le 25  
25 Novembre 1986 par la demanderesse. Il sera avantageux, dans certains cas, que le conduit (3) soit en matériau "composite" à base

notamment de fibres de verre, de carbone ou d'aramide, ou encore en une matière céramique, plus particulièrement l'alumine.

Enfin, la figure 4 illustre un mode de réalisation de l'invention dans lequel le conduit (3) est réalisé en un matériau diélectrique à l'extérieur duquel sont plaquées les électrodes (4)(5) de section importante du débitmètre électromagnétique fonctionnant en mode "capacitif" et les antennes (7)(8) du dispositif à intercorrélation sur bruit triboélectrique. Enfin, une enveloppe conductrice (19) mise à la masse, protège l'ensemble du système contre les parasites électromagnétiques externes.

Cette réalisation présente l'avantage d'être totalement non intrusive. Par ailleurs, lorsque le fluide peut être soumis à de très fortes pressions, il suffit de choisir comme matériau constitutif du conduit (3) une céramique comme l'alumine ou un matériau composite à fibres de verre, carbone ou aramide.



Revendications :

1. Système de mesure du débit d'un fluide conducteur ou isolant s'écoulant dans un conduit, caractérisé en ce que le système résulte de la combinaison d'un dispositif électromagnétique de mesure des débits des fluides conducteurs et d'un dispositif à intercorrélation sur bruit triboélectrique de mesure des débits des fluides diélectriques dont les deux antennes, isolées du fluide, sont d'une part connectées chacune à un dispositif électronique amplificateur de charge, d'autre part connectées à un dispositif électronique mesurant la conductance entre lesdites antennes, et en ce que le système comporte un dispositif électronique sélectionnant parmi les signaux fournis par les deux capteurs, en fonction de la valeur de ladite conductance, le signal représentatif de la mesure du débit du fluide.

2. Système de mesure de débit selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif électronique de mesure de la conductance entre les deux antennes du débitmètre à intercorrélation sur bruit triboélectrique est constitué d'une part d'un oscillateur sinusoïdal de fréquence  $F$  comprise entre 5 et 20 KHz, injectant un courant sinusoïdal de même fréquence sur l'une des deux antennes à travers une résistance de très forte valeur, et d'autre part d'un dispositif de détection de l'amplitude du courant à fréquence  $F$  mesuré à la sortie du dispositif amplificateur de charge connecté à la

deuxième antenne, cette dernière amplitude de courant fournissant une mesure directe de la conductance entre les deux antennes.

3. Système de mesure de débit selon la revendication 1 et ou 2 caractérisé en ce que le débitmètre électromagnétique est du type à électrodes de faible section en contact avec le fluide.

4. Système de mesure de débit selon l'une quelconque des revendications 1, 2 et 3, caractérisé en ce que le conduit véhiculant le fluide est un cylindre en métal amagnétique et plus particulièrement de l'un des types suivants : acier inoxydable, titane, aluminium et leurs alliages, et en ce que les antennes du dispositif à intercorrélation sur bruit triboélectrique sont plaquées sur la paroi interne dudit cylindre et sont isolées du fluide par une couche d'un matériau diélectrique recouvrant d'une épaisseur uniforme l'intérieur dudit conduit, tout en laissant affleurer les électrodes du capteur électromagnétique.

5. Système de mesure de débit selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le débitmètre électromagnétique est du type capacitif, à électrodes de section importante et isolées du fluide.

6. Système de mesure de débit selon l'une quelconque des revendications 1, 2 et 5, caractérisé en ce que les électrodes capacitives du débitmètre électromagnétique

ainsi que les antennes de détection du dispositif à intercorrélation sur bruit triboélectrique sont plaquées à l'extérieur du conduit véhiculant le fluide, ledit conduit étant réalisé en matériau diélectrique.

7. Système de mesure de débit selon la revendication 6, caractérisé en ce que le conduit véhiculant le fluide est réalisé en matériau composite dont les fibres sont de l'un des types suivants : verre, carbone ou aramide.

8. Système de mesure de débit selon la revendication 6, caractérisé en ce que le conduit véhiculant le fluide est réalisé en céramique et plus particulièrement en alumine.

9. Système de mesure de débit selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que les électrodes capacitatives du débitmètre électromagnétique ainsi que les antennes du dispositif à intercorrélation sur bruit triboélectrique sont réalisées sur un même circuit imprimé souple multicouches.

2607249

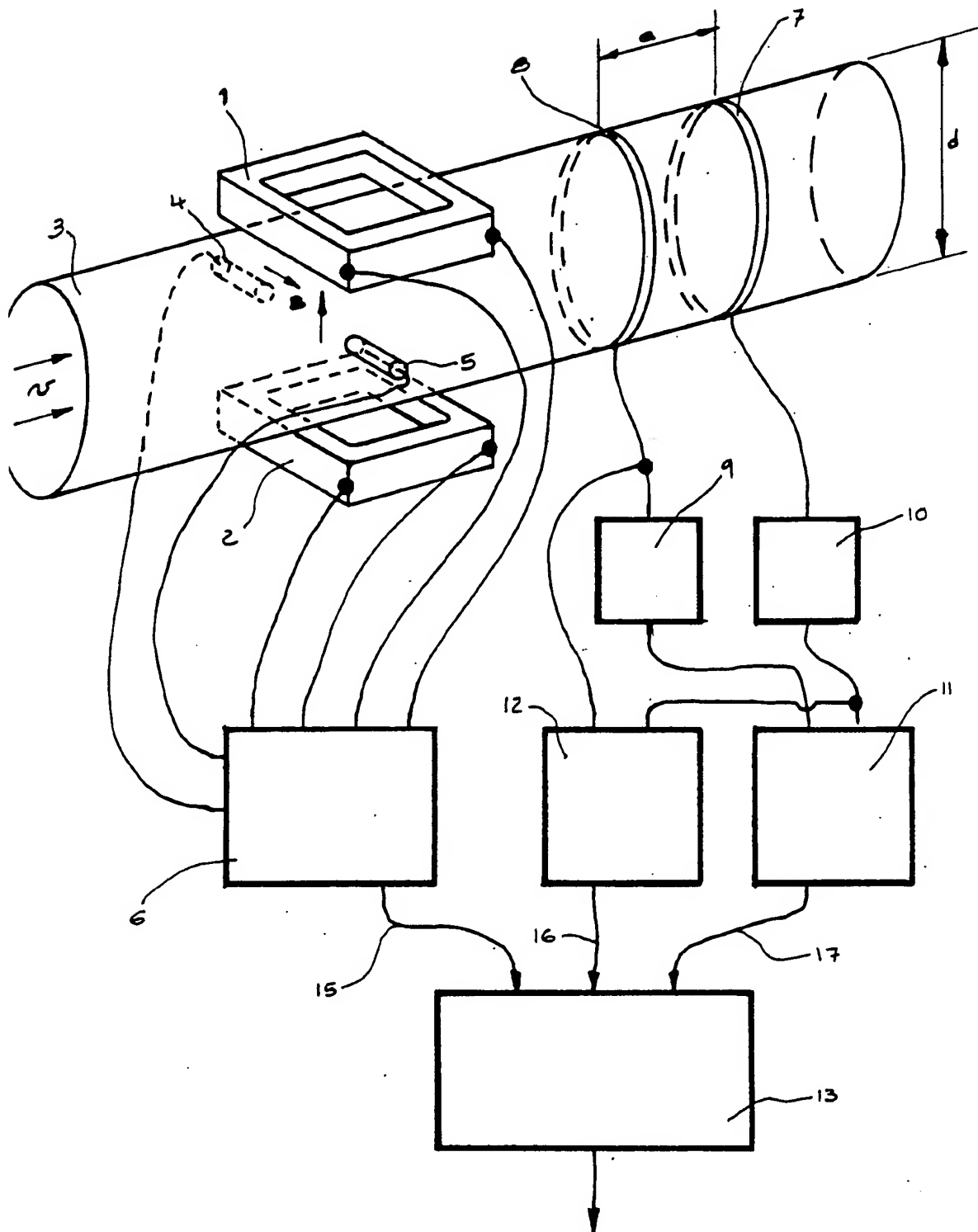
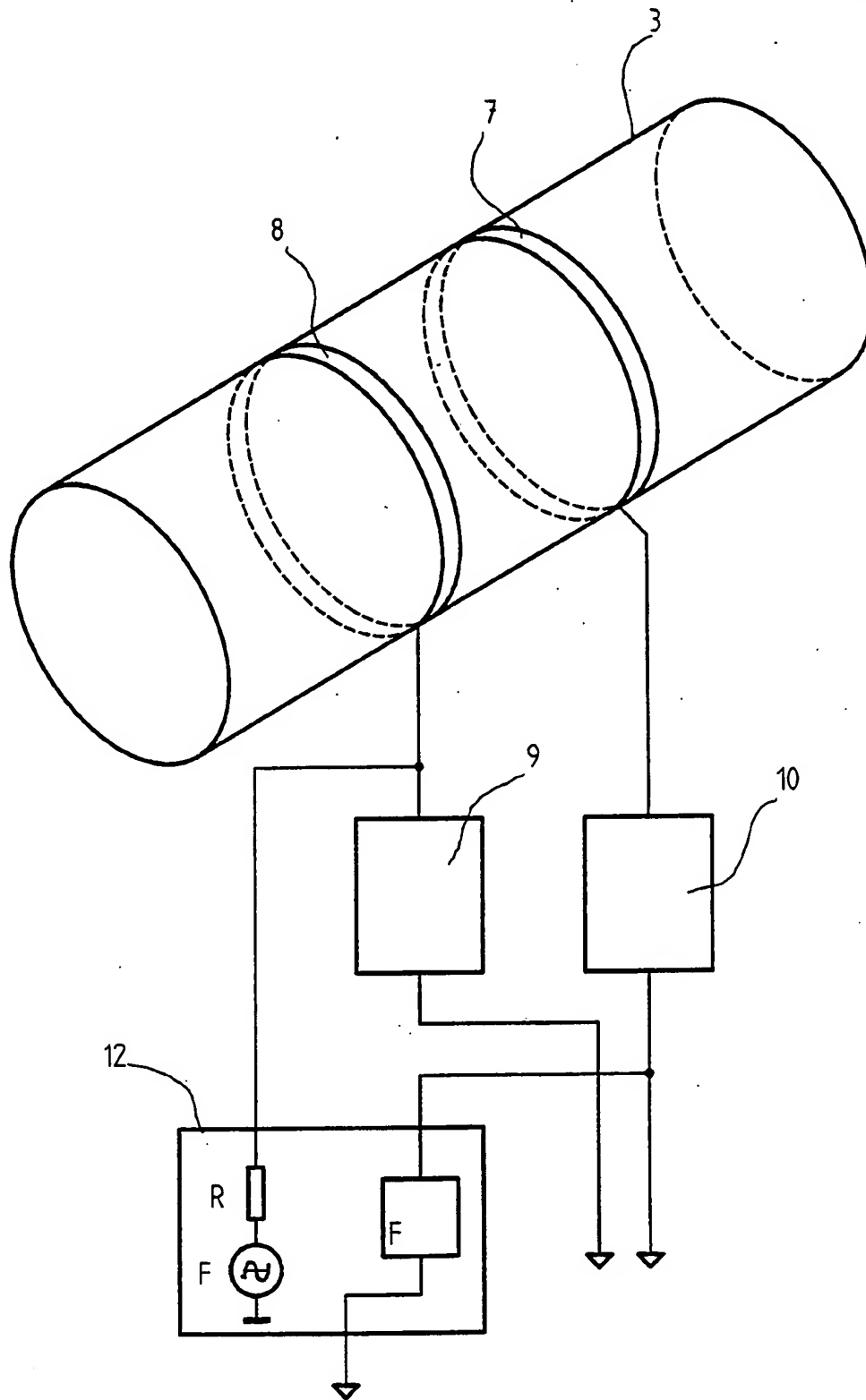


Fig. 1

fig\_2

2607249

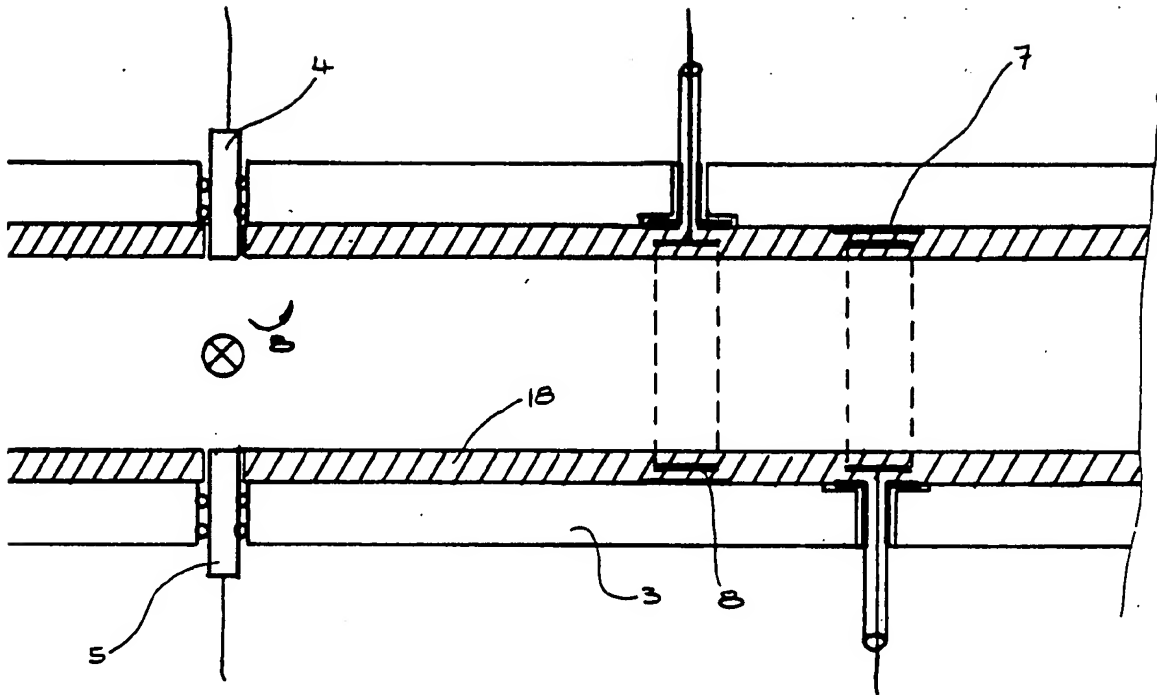
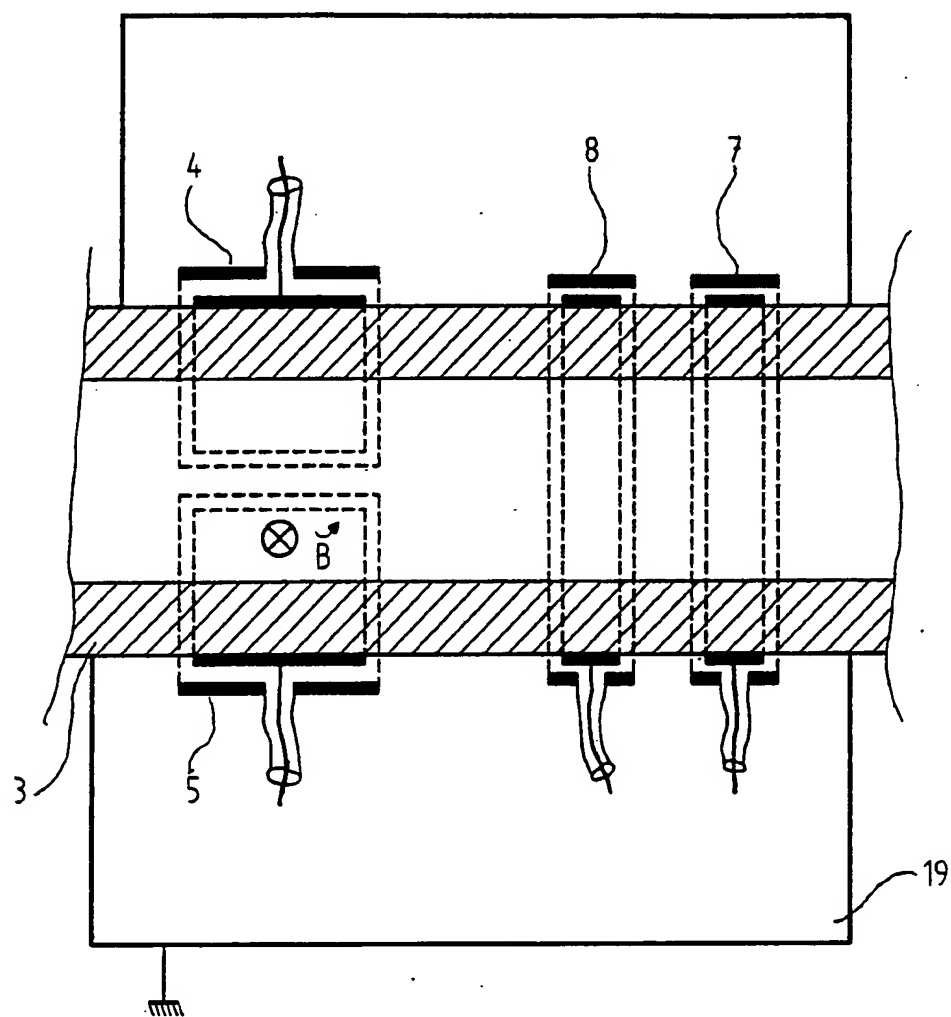


Fig. 3

fig\_4